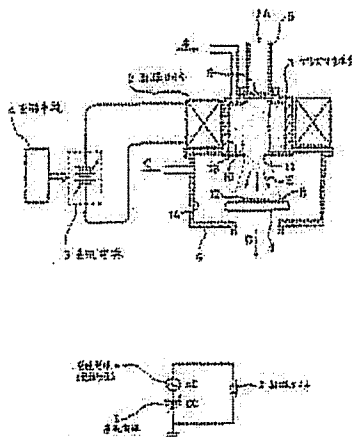


**PLASMA DEVICE AND USAGE THEREOF****Publication number:** JP2174229 (A)**Publication date:** 1990-07-05**Inventor(s):** OZAKI AKINORI**Applicant(s):** SUMITOMO METAL IND**Classification:****- international:** H05H1/46; H01L21/302; H01L21/3065; H01L21/31; H05H1/46; H01L21/02; (IPC1-7): H01L21/302; H01L21/31; H05H1/46**- European:****Application number:** JP19880330803 19881227**Priority number(s):** JP19880330803 19881227**Abstract of JP 2174229 (A)**

**PURPOSE:**To perform the formation and etching of a thin film which is superior in quality after improving the uniformity of thin film formation and etching by providing modulation means which apply modulation to a dc power source. **CONSTITUTION:**Modulation means 4 is made up by an ac power source 4. Then a dc power source 3 is connected to the ac power source in series and the ac power source supplies a current having a constant amplitude to an exciting coil 2. Its power source applies modulation to a magnetic field and causes plasma to perform its formation under an ECR condition. Further, its modulation means 4 adjusts the phase of incident microwaves and performs surely impedance matching of plasma and the microwaves even to complicate, optional waveforms by performing control by means of a computer and then the formation of stable plasma is maintained. Subsequently, the generation of a prescribed magnetic field which satisfies the ECR condition causes electronic cyclotron resonance. Then thin film which is adherent to an inner wall 13 in a plasma formation chamber 1 is removed by etching and inside of the plasma formation chamber 1 is thus cleaned.



Data supplied from the esp@cenet database — Worldwide

## ⑫ 公開特許公報(A) 平2-174229

⑤ Int. Cl.<sup>5</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 平成2年(1990)7月5日

H 01 L 21/31  
21/302  
H 05 H 1/46C 6810-5F  
N 8223-5F  
7458-2G

審査請求 未請求 請求項の数 2 (全7頁)

⑭ 発明の名称 プラズマ装置およびその使用方法

⑯ 特 願 昭63-330803

⑰ 出 願 昭63(1988)12月27日

⑱ 発 明 者 尾 崎 成 則 大阪府大阪市東区北浜5丁目15番地 住友金属工業株式会社内

⑲ 出 願 人 住友金属工業株式会社 大阪府大阪市東区北浜5丁目15番地

⑳ 代 理 人 弁理士 井内 龍二

## 明 細 書

## 1. 発明の名称

プラズマ装置およびその使用方法

## 2. 特許請求の範囲

(1) プラズマ生成室に反応ガス及びマイクロ波を導入すると共に、該プラズマ生成室の周囲に配設された励磁コイルに直流電源を供給して磁界を印加し、電子サイクロトロン共鳴励起によりプラズマを生成させるプラズマ装置において、

上記直流電源に変調を加える変調手段が設けられていることを特徴とするプラズマ装置。

(2) 請求項(1)記載のプラズマ装置を用いて、薄膜を形成すると共に、プラズマ生成室内部をクリーニングすることを特徴とするプラズマ装置の使用方法。

## 3. 発明の詳細な説明

## 産業上の利用分野

本発明は、半導体素子等の薄膜形成に供与されるプラズマ装置及びその使用方法、より詳しくはプラズマ生成室と、該プラズマ生成室の周囲に配

設されて直流電源が供給される励磁コイルとを備えた電子サイクロトロン共鳴を利用するプラズマ装置及びその使用方法に関する。

## 従来の技術

電子サイクロトロン共鳴(Electron Cyclotron Resonance 以下、「ECR」と略す)とは、磁場の中でサイクロトロン運動をしている電子に、その角周波数と同じ周波数の電磁波を印加すると電磁波のエネルギーを効率よく吸収する現象である。

一方、電子にこのような共鳴運動をさせてガス分子との衝突確率を増加させるとガスイオンの生成が増すと考えられる。

そこで、近年、高い周波数を有するマイクロ波を利用したECRプラズマ装置が研究・開発されてきている。

この種のプラズマ装置は、イオンの指向性、均一性に優れており、低ガス圧で電離度の高いプラズマを生成することができるため活性度が高く、イオンエネルギーの広範囲な選択が可能であり、大

きなイオン電流が取れるため、今日では高集積半導体素子等の薄膜形成に欠くことのできないものとなっている。

ところで、従来、この種のプラズマ装置においては、第7図に示すように、励磁コイル51に直流電源52を供給することによって磁場が形成されていた。

そして、プラズマ生成室において、磁場の強度に応じて定まる角周波数でサイクロトロン運動をしている高エネルギー電子と $O_2$ 、 $N_2$ 等の反応ガス分子とを衝突させて該反応ガス分子を分解、イオン化し、プラズマを生成させていた。

また、薄膜形成工程において、プラズマ生成室の内壁には薄膜が付着するため、反応ガスの代わりにエッチング性ガスを上記プラズマ生成室に導入し、該生成室内部のクリーニングを行っていた。

#### 発明が解決しようとする課題

しかし、従来のプラズマ装置においては、励磁コイル51に供給される電源が上述の如く直流電

であって、装置の大型化や複雑化を招来することなく、成膜の均一性をより一層向上させると共に、プラズマ生成室内のクリーニングを効果的かつ速やかに行なうことのできるプラズマ装置及びその使用方法を提供することを目的とする。

#### 課題を解決するための手段

上記目的を達成するために本発明は、プラズマ生成室に反応ガス及びマイクロ波を導入すると共に、該プラズマ生成室の周囲に配設された励磁コイルに直流電源を供給して磁界を印加し、電子サイクロトロン共鳴励起によりプラズマを生成させるプラズマ装置において、上記直流電源に変調を加える変調手段が設けられていることを特徴としている。

さらに、本発明は、該プラズマ装置を用いて、薄膜を形成すると共に、プラズマ生成室内部をクリーニングすることを特徴としている。

#### 作用

上記した構成によれば、励磁コイルの作る磁場に変調が加えられるので、E C Rポイントがコイ

源52であるため、マイクロ波は電子サイクロトロン共鳴が起こるための条件(E C R条件)を満たす狭い一定の面領域(以下、この面領域を「E C Rポイント」という)で最もよく吸収され、プラズマ密度や電子温度も該E C Rポイントで最も高くなる。しかもE C Rポイント内でも、導波管が矩形であるためプラズマの分布が不均一となっていた。

したがって、従来のプラズマ装置においては、このようなプラズマ分布の不均一性に起因して、薄膜形成時、成膜の均一性に欠けるといった問題点があった。

また、クリーニング工程においては、E C Rポイント近傍のプラズマ生成室内壁付着物のエッチング速度が他の箇所よりも速いため、E C Rポイントおよびその近傍のみが強力にエッチングされ、それ以外の箇所はエッチングに時間がかかる等クリーニングの効率が悪く、クリーニング操作に時間がかかるという問題点があった。

本発明は上記した問題点に鑑みてなされたもの

ル軸方向に振動する。したがって、この変動するE C Rポイントに対応してプラズマ密度や電子温度の分布も均一的に拡がる。

また、このように磁場に変調が加えられると、電磁誘導により磁場の变化を妨げるようにプラズマ雰囲気中には電流が流れるので、コイル軸の円周方向にプラズマが揺さぶられ、E C Rポイント内のプラズマ分布の均一性が向上する。

さらに、このようにE C Rポイントの領域が拡がり、かつプラズマ分布も均一化された上記プラズマ装置を使用することによって、成膜の均一性向上が可能となると共に、プラズマ生成室内の広い範囲において内壁付着物のエッチング速度の均一化も可能となる。

#### 実施例

以下、本発明に係る実施例を図面に基づき詳説する。

第1図は本発明に係るプラズマ装置の一例としてのE C RプラズマC V D装置の概念図であって、このプラズマ装置は、略円筒状に形成された

プラズマ生成室1と、このプラズマ生成室1の周囲にあってこのプラズマ生成室1と同心状に配設された励磁コイル2と、この励磁コイル2に電力を供給する直流電源3と、この直流電源3に変調を加える変調手段4と、上記プラズマ生成室1の上部に接続され、マイクロ波を導入するための導波管5と、上記プラズマ生成室1の下部に接続された反応室6とから構成されている。7は半導体基板等の試料8が載置される試料台である。また、9は上記導波管5と上記プラズマ生成室1に挟持された石英ガラスからなるマイクロ波の導入窓である。

上記プラズマ生成室1は、本実施例では、内径 $D=200\text{mm}$ 、高さ $H=200\text{mm}$ に形成されている。

マイクロ波は、矢印A方向からプラズマ生成室1に導入される。

また、上記励磁コイル2は、直流電源3から電力が供給されるとプラズマ生成室1内に所定の磁場を発生する。すなわち、プラズマ生成室1にお

る磁場が現出するように構成されている。

すなわち、上記変調手段4によって変調された磁場は、直流電源に重畳されたものとして得られ、例えば、第2図(a)～(d)に示すように、正弦波(a)、矩形波(b)、鋸歯状(c)あるいは大きな周期の波形と小さな波形とを重ね合わせたもの(d)等が構成される。

上記変調手段4は、具体的には第3図に示すように交流電源4で構成することができる。すなわち、交流電源4に直流電源3を直列接続し、この交流電源によって一定の振幅を有する電流を励磁コイル2に供給し、磁場に変調を加え、ECR条件(上記①式参照)の下、プラズマを発生させるのである。

さらに、上記変調手段4は、コンピュータで制御することによって、より好ましい状態で実施することができる。すなわち、コンピュータ制御を行なうことによって、第4図に示すような複雑な任意の波形に対しても、入射マイクロ波の位相を調整してプラズマとマイクロ波のインピーダンス

いて、上記マイクロ波の角周波数 $\omega$ と電子サイクロトロン角周波数 $\omega_c$ とが等しくなるような磁場を形成して電子に共鳴運動を行なわせるように構成されているのである。この共鳴を起こさせるための条件、すなわち、ECR条件は、古典力学的方程式を解くことにより容易に求められ、次式で示される。

$$\omega = \omega_c = eB/m \cdots \cdots \textcircled{1}$$

ここで、 $e$ は電子の電荷、 $B$ は磁束密度、 $m$ は電子の質量である。

上記①式を充足する面領域がECRポイントであり、このECRポイントでマイクロ波が最もよく吸収され、プラズマ密度や電子温度もこの近傍で高くなる。かかる磁場を形成した後、磁場内で共鳴運動をしている電子と矢印B方向から上記プラズマ生成室1に導入される第1の反応ガス分子とを衝突させ、このガス分子を分解してイオン化し、プラズマを生成させるのである。

しかして、上記変調手段4は、上記直流電源3に変調を加えることによって、種々の波形を有す

整合を確実に行なうことが可能となり、安定したプラズマの生成を維持することができる。前述のような交流電源で変調手段4を構成した場合はマイクロ波の位相を調整するための手段を別途設ける必要があるが、この変調手段4を上述の如くコンピュータで構成することによってそのような手間が省け好都合である。

このように構成されたプラズマ装置において、半導体基板等の試料8への成膜は、以下の如く行なわれる(第1図参照)。

まず、プラズマ生成室1及び反応室6に矢印BおよびC方向から反応ガスを導入した後、所定圧に設定し、導波管5を介して所定の高周波所を有するマイクロ波をプラズマ生成室1に導入する。この実施例では所定圧として $2 \times 10^{-3}\text{Torr}$ 、マイクロ波の周波数は $2.45\text{GHz}$ 、その出力は $600\text{W}$ にそれぞれ設定されている。

一方、上記変調手段4によって上述の如く変調が加えられた電流を励磁コイル2に供給すると、ECR条件(上記①式)を充足する所定の磁場が

発生し、電子サイクロトロン共鳴が起こる。プラズマ生成室1に矢印B方向から導入される $N_2$ 、 $O_2$ 等の第一の反応ガスは、サイクロトロン共鳴運動をしている高エネルギー電子と衝突し、上記第一の反応ガスは分解されてイオン化し、プラズマ10を生成する。次いで、このプラズマは、発散磁界により引出窓11を通過し、反応室6内に引き出される。矢印E方向に加速されたプラズマは、矢印C方向から反応室6に導入された $SiH_4$ 等の第二の反応ガスと反応して試料台7に載置された試料8の表面に $Si_3N_4$ 、 $SiO_2$ 等の薄膜12を形成する。尚、反応室6内の未反応物等は矢印D方向へと排気される。

この場合、磁場に上述の如く変調が加えられたことによって、ECRポイントがコイル軸方向に変動すると共に、上記プラズマ生成室1内のプラズマ雰囲気中には電磁誘導により磁場の変化を妨げるような電流が流れる。つまり、ECRポイントの領域が見掛け上振動して拡大すると共に、コイル軸の同心軸の周囲にプラズマが揺さぶられる

からプラズマ生成室1に導入した後、プラズマ生成室1及び反応室6を所定圧力(圧力 $2 \times 10^{-3}$ Torr)に設定し、マイクロ波(周波数2.45GHz、出力600W)をプラズマ生成室1に導入する。また、変調手段4によって変調が加えられた電流を励磁コイル2に供給し、所定の磁場を発生させ、電子サイクロトロン共鳴励起によりプラズマを生成させる。これによりプラズマ生成室1の内壁13に付着した薄膜をエッチングによって除去し、プラズマ生成室1内部のクリーニングを行なうことができる。

このようなクリーニング操作において、前記変調手段4によって、励磁コイル2の作る磁場には変調が加えられたので、薄膜形成工程と同様、ECRポイントがコイル軸方向に変動する。したがって、プラズマの密度や電子温度もこの変動するECRポイントに対応して均一的に広がる。しかも前述の如くプラズマ雰囲気中には磁場の変化を妨げるような電流が流れるのでコイル軸の周囲にプラズマが揺さぶられ、コイルの円周方向にもブ

こととなる。したがって、ECRポイント内のプラズマ分布がより一層均一化されることとなり、上記薄膜12は、従来に比し、その試料面内の膜厚がより一層均一化される。

ところで、このように試料8の表面に薄膜12が形成される一方、反応室6内で生成された $SiO_2$ 、 $Si_3N_4$ 等の反応物は装置内部で拡散され、プラズマ生成室内壁13や反応室内壁14に薄膜状に付着する。特にプラズマ生成室内壁13に付着した薄膜がこの内壁13から剥離すると、反応室6に落下し薄膜12の形成に悪影響を及ぼす虞がある。

そこで、上記プラズマ生成室1の内部にクリーニングを施してこのような付着物(薄膜)を除去する必要があるが、本実施例に係るプラズマ装置を使用することによって、かかるクリーニング操作を極めて合理的に行なうことができる。

以下、プラズマ生成室1内部のクリーニング方法について説明する(第1図参照)。

まず、 $SF_6$ 等のエッチング性ガスを矢印B方向

ラズマは均一的に分布する。つまり、見掛け上大きなECRポイントが形成され、かつこのECRポイント内でのプラズマ分布もより一層均一化されるため、プラズマ生成室内壁13全体に亘って略均一なエッチング速度が得られる。したがって、従来のように局部的に強力なエッチングが行なわれるのではなく、プラズマ生成室1の内部全域に亘ってエッチングを略均一に行なうことができ、クリーニング時間の短縮を行なうことが可能となる。

第5図は変調手段4として交流電源を使用した場合(第3図参照)のエッチング特性を示した特性図であり、第6図は比較例として従来例(第7図参照)のエッチング特性を示した特性図である。横軸は導入窓9からの壁面上下方向の距離 $t$ (mm)を示し、縦軸はプラズマ生成室内壁13の付着物のエッチング速度( $\text{\AA}/\text{min}$ )を示している。この特性はプラズマ生成室内壁13に厚さ約 $1\mu\text{m}$ の $SiO_2$ の薄膜を形成してエッチングを行なった結果を示したものである。また、エッチ

ング速度 ( $\text{\AA}/\text{min}$ ) は、エッチング時間 10 分後の薄膜残厚を測定して算出した。尚、励磁コイル 2 には 18 A の電流を流し、正弦波を描く交流電源によって、 $\pm 4 \text{ A}$  の振幅を加えて変調した。

この両図の比較から明らかなように、従来例においては、ECR ポイントが狭いため、この ECR ポイント (図中、G で示す) 及びその近傍のエッチング速度が速く、ECR ポイントから離れるにつれて、エッチング速度が遅くなっている。これに対し、本実施例では ECR ポイントが見掛け上拡大されているため、プラズマ生成室 1 の内部全域に亘ってエッチング速度が略均一となることが解る。すなわち、従来においては、エッチング速度がプラズマ生成室 1 内で不均一なため、クリーニングに要する時間が長くなるのに対し、本実施例ではエッチング速度がプラズマ生成室 1 内の全域に亘って略均一となり、クリーニング時間が短縮されることとなる。因みに、本実施例に係るプラズマ装置でクリーニングした場合、

#### 発明の効果

以上、詳述したように本発明に係るプラズマ装置およびその使用方法にあっては、プラズマ生成室と、このプラズマ生成室の周囲に配設されて直流電源が供給される励磁コイルとを備えたプラズマ装置において、上記直流電源に変調を加える変調手段が設けられているので、ECR ポイントがコイル軸方向に変動し、ECR ポイントが見掛け上振動する。したがって、この変動する ECR ポイントに対応してプラズマ密度や電子温度の分布も均一的に広がる。

また、このように変調が加えられたことによって、プラズマ雰囲気中には電磁誘導により磁場の変化を妨げるような電流が流れるため、プラズマはコイル軸の周囲に揺さぶられて円周方向に均一的に分布する。したがって、試料面内への成膜の均一性を向上させることができるほか、エッチングに用いた場合には、試料面内のエッチング速度を均一にすることができる。

さらに、本発明の主目的とするプラズマ生成室

従来に比べてそのクリーニング時間が約 2/3 に短縮されることが確認され、所期の目的を達成することができた。

上記実施例では、第一の反応ガスをプラズマ生成室に、第二の反応ガスを反応室に導入する例を示したが、反応室に導入した反応ガスは、プラズマ生成室内に拡散するので、プラズマ生成室への第一の反応ガスの導入を省くこともできる。いずれの場合でも、薄膜の形成、プラズマ生成室内壁のクリーニングには、実用上顕著な相違はない。

また、本発明の装置は、励磁コイル軸に垂直な面におけるプラズマの分布が均一であるため、前述のように均一な膜厚の薄膜形成に有効に利用できるほか、半導体素子の製造工程におけるエッチングにおいても、試料面内のエッチング速度を均一にすることができるので、エッチング装置としても優れた性能を持っている。

尚、本発明は上記実施例に限定されることはなく、要旨を逸脱しない範囲において変更可能なことはいうまでもない。

の内壁付着物のクリーニングも迅速に行なうことができる。

つまり、このプラズマ装置を用いることによって、より一層薄膜形成及びエッチングの均一性が向上し、より品質の優れた薄膜の形成及びエッチングを行なうことができるという効果がある。

また、このプラズマ装置を用いて、プラズマ生成室内部をクリーニングすることによって、クリーニング時間の短縮ができ、プラズマ生成室内のクリーニングを効果的かつ速やかに行なうことができる。

さらに、本発明に係るプラズマ装置は、変調手段により直流電源に変調を加えて励磁コイルに電流を供給したにすぎないので、構造が簡単であり、装置の大型化や複雑化を招来することもないという効果もある。

#### 4. 図面の簡単な説明

第 1 図は本発明に係るプラズマ装置の一実施例を示す概念図、第 2 図 (a) ~ (d) は変調手段によって変調されて出力された波形の一例を示す

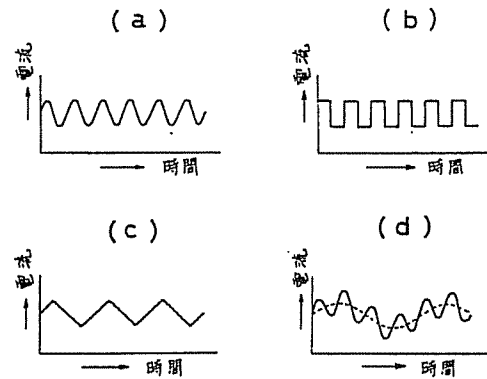
波形図、第3図は変調手段として交流電源を使用した場合の電気回路図、第4図は変調手段による変調波形の他の例を示す波形図、第5図は本発明に係るプラズマ装置のプラズマ生成室内壁付着物のエッチング特性を示す特性図、第6図は従来のプラズマ装置のプラズマ生成室内壁付着物のエッチング特性図、第7図は従来のプラズマ装置の電気回路図である。

1…プラズマ生成室、2…励磁コイル、3…直流電源、4…変調手段。

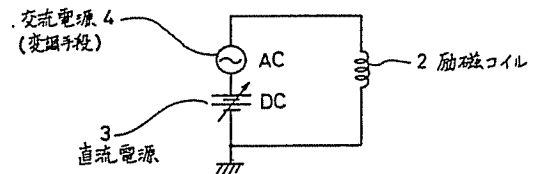
特許出願人：住友金属工業株式会社

代理人：弁理士 井内 龍二

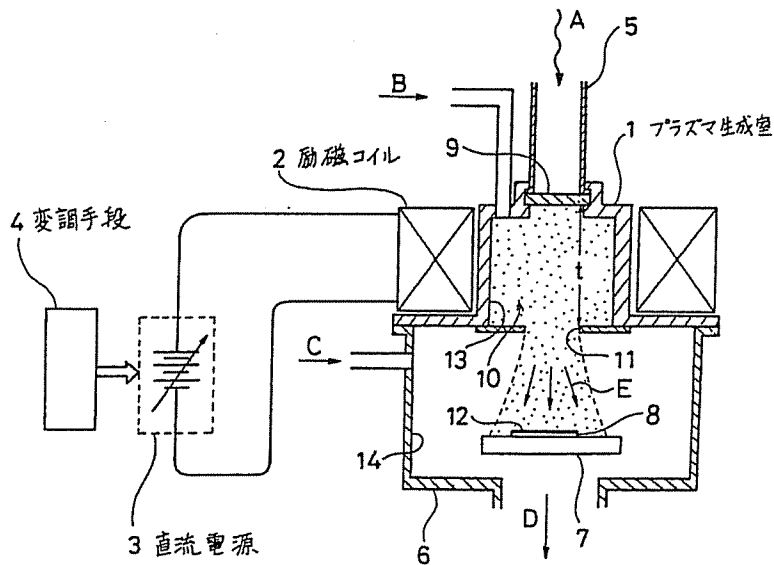
第2図



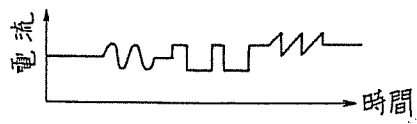
第3図



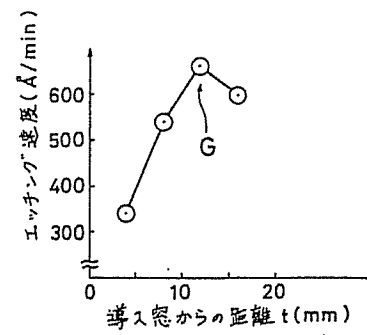
第1図



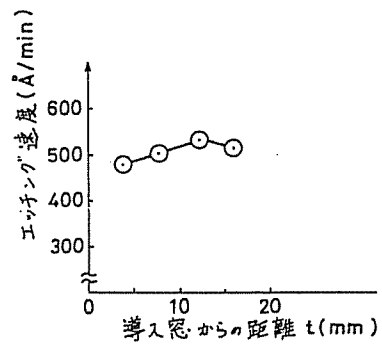
第 4 図



第 6 図



第 5 図



第 7 図

